

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

В. Г. Клименко  
С. О. Кійко

## **НОРМА ТА МІНЛИВІСТЬ СТОКУ**

Харків – 2010

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

В. Г. Клименко  
С. О. Кійко

## **НОРМА ТА МІНЛИВІСТЬ СТОКУ**

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА ДЛЯ СТУДЕНТІВ-ГЕОГРАФІВ**

Харків – 2010

УДК 556.16.(075.8)

ББК 26.22.я73

К 49

Затверджено на засіданні

Вченої ради геолого-географічного факультету

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

(протокол № 8 від 26 травня 2010 р.)

**Рецензент:**

Начальник Харківського центру з гідрометеорології

В. Д. Андрієнко

К 49     **Клименко В.Г., Кійко С.О.** Норма та мінливість стоку: Методична розробка для студентів-географів. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. – 14 с.

У методичній розробці подана методика розрахунку норми та мінливості стоку. Методична розробка рекомендується для студентів-географів, які вивчають курс за вибором студента «Гідрологія України».

УДК 556.16.(075.8)

ББК 26.22я73

© Харківський національний університет  
імені В.Н. Каразіна, 2010

© Клименко В.Г., 2010

© Кійко С.О., 2010

## ВСТУП

Вода – важлива складова частина усіх живих організмів. Вона лежить в основі біохімічних і фізіологічних процесів, що відбуваються в організмах, розчиняє та переносить речовини, які беруть участь у процесі життєдіяльності, становить більшу частину маси тіла будь-якого живого організму.

Стік — це складний природний процес, який відбувається в географічному середовищі і перебуває під впливом різноманітних фізико-географічних та антропогенних факторів. При водогосподарському проектуванні норма стоку визначає потенційні водні ресурси річкового басейну або адміністративного району, а також є вихідною величиною при визначенні стоку розрахункових забезпеченостей.

### РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ «НОРМА ТА МІНЛИВІСТЬ СТОКУ»

Однією з основних гідрологічних характеристик є середньобаторічний стік або норма річного стоку.

Нормою річного стоку вважається середнє його значення за багаторічний період з незмінними ландшафтно-географічними умовами і однаковим рівнем господарської діяльності в басейні річки.

Для встановлення закономірностей коливання річного стоку застосовують криві забезпеченості.

Найбільше поширення отримали біноміальні асиметричні криві забезпеченості, форма яких може бути визначена трьома параметрами: середньою арифметичною величиною ряду, в даному випадку нормою стоку ( $Q_0$ ), коефіцієнтом варіації ( $C_v$ ) і коефіцієнтом асиметрії ( $C_s$ ).

#### Хід роботи

1. Побудувати емпіричну криву на клітчатці ймовірності.
2. Обчислити параметри аналітичної кривої забезпеченості середніх річних витрат з оцінкою точності їх визначення:

а) середня багаторічна витрата, або норма стока ( $Q_0$ );

- б) коефіцієнт варіацій ( $C_v$ );
- в) коефіцієнт асиметрії ( $C_s$ ).

3. Обчислити ординати аналітичної кривої.

4. Побудувати аналітичну криву та визначити середні річні витрати заданої забезпеченості ймовірністю щорічного перевищення 75, 90 і 99,9%.

#### Виконання роботи

Коливання річного стоку за якийсь проміжок часу обумовлене впливом великої кількості факторів, що викликають необхідність застосовувати методи математичної статистики при вивченні цих коливань. При достатньо тривалих і репрезентативних рядах спостережень розрахунки річного стоку рекомендується проводити за кривими забезпеченості.

Розрізняють ймовірність щорічного перевищення для явищ, що спостерігаються тільки один раз на рік; ймовірність перевищення серед сукупності усіх можливих значень для явищ, які можуть спостерігатись декілька разів на рік; ймовірність перевищення на території, дослідження в будь-якому пункті.

Крива забезпеченості - це інтегральна крива, яка показує забезпеченість або ймовірність перевищення (у відсотках або в долях одиниці) даної величини серед загальної сукупності ряду. При розрахунках параметрів кривих забезпеченості значення гідрологічної величини розглядається у вигляді статистичного ряду, тобто ряду розташованого за зменшенням.

Криві забезпеченості можуть бути побудовані у вигляді емпіричних (спостережувальних) і аналітичних (теоретичних) кривих.

1. Емпіричні криві забезпеченості річних витрат стоку будують за ймовірністю перевищення  $P$  % емпіричних точок, які обчислені для кожного члена ряду величин річного стоку за формулою:

$$P = \frac{m - 0.3}{n + 0.4} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де:  $m$  – порядковий номер члена ряду розташованому за зменшенням;

$n$  – загальна кількість членів ряду.

Розрахунки заносяться до табл. 1.

Таблица 1

Розрахункова відомість забезпеченості стоку

№	Роки	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_0, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_i$ за зменш., $\text{м}^3/\text{с}$	$K=Q_i/Q_0$	$(K-1)$	$(K-1)^2$	$(K-1)^3$	$P\%$
-	-	-	-	-	$\Sigma K$	$\Sigma(K-1)$	$\Sigma(K-1)^2$	$\Sigma(K-1)^3$	-

Криві забезпеченості (емпірична і аналітична) будуються на спеціальній клітчатці ймовірності. По вертикальній осі слід відкласти модульні коефіцієнти  $K$ . По горизонтальній осі відкладаємо забезпеченість ( $P\%$ ) у відсотках, а по верхній осі - період повторювання років ( $N$ ). За значеннями  $K_p$  (або  $Q_0$ ) і  $P\%$  (табл. 4) наносимо емпіричні точки.

2. Аналітичні криві забезпеченості використовуються для згладжування і екстраполяції емпіричних кривих. Теоретичними схемами аналітичних кривих забезпеченостей, які використовуються при гідрологічних розрахунках випадкових величин, є схеми біноміального та трьохпараметричного гама-розподілення. Теоретичне обґрунтування цих методів викладено в роботах Д.Л. Соколовського, В.Г. Андріянова, С.М. Крицького, М.Ф. Менкеля, А.І. Чоботарьова та ін.

Параметрами аналітичних кривих забезпеченості є: середній багаторічний річний стік  $Q_0$ , коефіцієнт мінливості (варіації)  $C_v$  і коефіцієнт асиметрії  $C_s$ . Метод обчислення  $C_s$  залежить від коефіцієнта мінливості  $C_v$ :

- якщо  $C_v < 0,5$  використовують метод моментів;
- якщо  $C_v > 0,5$  використовують метод найбільшої правдоподібності;
- графо-аналітичний метод застосовують у випадку використання біноміальної кривої забезпеченості за любым значенням  $C_v$ .

При цьому необхідно враховувати можливу систематичну похибку оцінки коефіцієнта мінливості стоку  $C_v$ , що збільшується при наявності значного коефіцієнта автокореляції членів ряду.

Відхилення середньорічних величин стоку від норми виражається загальною середньоквадратичною похибкою  $\sigma Q$ , яка визначається за формулою:

$$\sigma Q = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100, \quad (2)$$

а) За даними табл.1, обчислюємо норму стоку за формулою:

$$Q_o = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}, \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (3)$$

де:  $Q_o$  - норма стоку,  $\text{м}^3/\text{с}$  ;

$Q_i$  - середньорічна витрата,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$N$  - кількість років спостережень за стоком.

В табл.1 середні річні витрати  $Q_i$  необхідно розташовати за зменшенням, причому якщо за період спостережень було два або більше однакових значень витрат, то вони повторюються так, що число  $n$  залишається однаковим для хронологічного ряду і ряду, розташованому за зменшенням.

б) В практиці гідрологічних розрахунків визначення коефіцієнту мінливості (варіації) при наявності досить довгих рядів спостережень можливо виконати двома шляхами: методом моментів або методом найбільшої правдоподібності.

Метод моментів для визначення коефіцієнтів мінливості і асиметрії стосовно до біноміального закону розподілу аналітичної кривої забезпеченості рекомендовано застосовувати при  $C_v \leq 0,5$  і за відсутністю значно відхилених точок від осереднених емпіричних кривих у верхній її частині.

Коефіцієнт мінливості (варіації) - це безрозмірний статистичний параметр, що відображає відхилення величини витрат від середнього

значення за часом. Ця величина насамперед залежить від сталості клімату території та підвищується від його посушливості.

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n}}, \quad (4)$$

де:  $K_i$  - модульний коефіцієнт стоку кожного року;

$n$  - кількість років спостережень.

При  $n < 30$  формула (4) використовується у вигляді:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (5)$$

Для обчислення  $C_v$  необхідно обчислити модульний коефіцієнт  $K$ : відношення стоку даного року ( $Q_i$ ) до його середньорічного значення  $Q_o$ .

$$K = \frac{Q_i}{Q_o}, \quad (6)$$

Модульний коефіцієнт характеризує водність даного року. Так, роки з модульним коефіцієнтом понад 1,0 - багатоводні, а менше 1,0 - маловодні. Сума модульних коефіцієнтів за певну кількість років має дорівнювати числу років (табл.1).

Величини  $K-1$  дають відхилення модульного коефіцієнту даного року від середнього модульного коефіцієнту  $K=1$ . Контроль за вірністю обчислення  $K-1$  полягає в тому, що величина  $\sum(K-1)$  має бути рівною або близькою до нуля (табл. 1).

Виконуючи подальші обчислення  $\sum(K-1)^2$  та  $\sum(K-1)^3$ , можемо розрахувати коефіцієнт варіації та коефіцієнт асиметрії.

При обчисленні коефіцієнта мінливості  $C_v$  за методом моментів відносна середня квадратична похибка розраховується за формулою:

$$\varepsilon C_v = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100\%, \quad (7)$$



Якщо похибка  $\varepsilon C_v \leq 10 - 15\%$ , то довжина ряду вважається достатньою. Для визначення середньої квадратичної похибки можна використовувати і табл.2.

Таблиця 2

Середньоквадратичні похибки, %

$C_v$	Кількість років спостережень									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,20	23	16	13	11	10	9,3	8,6	8,1	7,6	7,2
0,30	23	17	14	12	10	9,6	8,8	8,3	7,8	7,4
0,40	24	17	14	12	11	9,8	9,1	8,5	8,0	7,6

в) Коефіцієнт асиметрії  $C_s$  - безрозмірний статистичний параметр, який характеризує ступінь несиметричності ряду відносно середнього значення. Якщо коефіцієнт асиметрії є додатне число, то за ряд спостережень частіше зустрічалися роки зі значенням стоку вище середнього.

Коефіцієнт асиметрії визначається шляхом підбору (за умов найкращої відповідності аналітичної та емпіричної кривих забезпеченостей) з послідуною перевіркою отриманого для даної річки співвідношення  $C_s / C_v$  по річках-аналогах. Як показали гідрологічні розрахунки річкового стоку, співвідношення  $C_s$  та  $C_v$  коливаються в межах, які наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Межі співвідношення  $C_s$  та  $C_v$  при розрахунках річкового стоку

$C_s / C_v$	$C_s / C_v$
1.0	3.0
1.5	3.5
2.0	4.0
2.5	

Коефіцієнт асиметрії визначається за формулою:

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (K-1)^3}{(n-1) \cdot C_v^3}, \quad (8)$$

Відносна середня квадратична похибка коефіцієнта асиметрії при асиметричному розташуванні ряду розраховується за формулою:

$$\sigma_{C_v} = \frac{\sqrt{\frac{6}{n} \cdot \sqrt{1 + 6C_v^2 + 5C_v^4}}}{C_s}, \quad (9)$$

Якщо похибка обчислення коефіцієнта  $C_s$  велика, то для вибору розрахункової аналітичної кривої забезпеченості застосовуємо метод підбору.

3. Обчислення ординат аналітичної кривої забезпеченості за методом моментів проводиться за обчисленими значеннями  $C_s$  та  $C_s = 2C_v$  в наступному порядку.

За обрахованими значеннями  $C_s$  визначають нормованні відхилення від середнього значення ординат біноміальної кривої забезпеченості за різною забезпеченістю і заносять до табл.4.

Таблица 4

Забезпечені витрати води

$C_s$	Величини	0,01	1	5	20	50	70	90	99,9
	$\Phi$								
	$\Phi C_v$								
	$K_p = \Phi C_v + 1$								
	$Q_p = K_p Q_o$								
	$K_p$								
$2C_v$	$Q_p$								

Значення цих ординат позначають літерою  $\Phi$ . Якщо значення  $C_s$  не співпадають зі значеннями  $C_s$  в першій графі табл.4, то величину  $\Phi$  необхідно знаходити інтерполюванням.

Величини  $\Phi C_v$  - це відхилення ординат кривої забезпеченості від середнього значення ряду. Щоб отримати ординати кривої забезпеченості  $K_p$ , необхідно до значення  $\Phi C_v$  додати одиницю  $K_p = \Phi C_v + 1$ , тому що середнє значення модульного коефіцієнту  $K = 1,0$ . Ординатами кривої забезпеченості можуть бути витрати різної забезпеченості, які визначаються за формулою:

$$Q_p = K_p Q_0, \quad (10)$$

де:  $Q_0$  - норма стоку.

В табл. 4 ордината забезпеченості  $K_p$  за співвідношенням  $C_s = 2C_v$  визначається за таблицями додатку 2, використання яких не потребує пояснення, а також визначається  $Q_p$  за формулою 10.

4. Побудова аналітичних кривих забезпеченості річних витрат води при  $C_s$  (ваше значення) і  $C_s = 2C_v$  виконують на клітчатці з помірною асиметричністю. Криві можуть бути побудовані за ординатами  $K_p$  та  $Q_p$ .

Після проведення кривих необхідно проаналізувати, яка із аналітичних кривих найбільш відповідає розташуванню емпіричних точок.

Якщо загальний напрямок емпіричних точок не співпадає з аналітичними кривими, необхідно перевірити обчислення методом підбору співвідношення  $C_s$  та  $C_v$ , змінити величину параметра  $C_s$  і побудувати нову аналітичну криву забезпеченості.

Повторюваність гідрологічної величини, наприклад, річного стоку, називається кількісь років  $N$ , на протязі яких річний стік повторюється в середньому один раз. На клітчатці ймовірності верхня горизонтальна шкала має підпис: «Період повторення  $N$  років», а шкала має розграфлення: в центрі клітчатки 2, а потім вліво та вправо до 10000. Як бачимо, верхня та нижня шкали пов'язані між собою наступними співвідношеннями:

а) при забезпеченості  $P \leq 50 \%$

$$N = \frac{100}{P}, \quad (11)$$

б) при забезпеченості  $P \geq 50 \%$

$$N = \frac{100}{100 - P}, \quad (12)$$

Повторюваність при забезпеченості:  $P = 75 \%$ ,  $N = \frac{100}{100-75} = 4$ , тобто 1

раз за 4 роки;  $P = 90 \%$ ,  $N = \frac{100}{100-90} = 10$ , тобто 1 раз за 10 років;  $P = 99,9 \%$ ,

$N = \frac{100}{100-99,9} = 1000$ , тобто раз за 1000 років.

### Практичну роботу можна виконати за допомогою комп'ютера

#### Порядок виконання

##### 1. Обчислити середню багаторічну витрату води.

- Відкрити програму Microsoft Excel і створити таблицю;
- Ввести значення середньорічних витрат води в чарунки C2 – C18;

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
1	№	Роки	$Q_i, \text{м}^3/\text{с}$	$Q_0, \text{м}^3/\text{с}$	$Q_i$ за зменш., $\text{м}^3/\text{с}$	$K=Q_i/Q_0$	$(K-1)$	$(K-1)^2$	$(K-1)^3$	P%
2	1	1991	40,7							
3	2	1992	29,6							
4	3	1993	43,9							
5	4	1994	57,8							
6	5	1995	45,3							
7	6	1996	56,8							
8	7	1997	49,3							
9	8	1998	54,3							
10	9	1999	49,9							
11	10	2000	38,3							
12	11	2001	38,7							
13	12	2002	34,6							
14	13	2003	51,2							
15	14	2004	43							
16	15	2005	44,4							
17	16	2006	50,8							
18	17	2007	35,3							
19			= СРЗНАЧ							

- Потім визначити середню багаторічну витрату води, вводючи в чарунку C19 формулу: СР ЗНАЧ (C2 - C18) ОК. Значення середньої багаторічної витрати води занести в усі чарунки за адресою D (D2 – D18).

- Далі упорядкувати значення середньорічних витрат води за зменшенням. Для цього потрібно ввести значення середньої багаторічної

витрати води в усі чарунки за адресою E (E2 – E18) і натиснути команду «Сортування за зменшенням»

2. Обчислити модульні коефіцієнти за кожний рік - ввести в чарунку F за формулою:  $= C2 : D2$ . Потім необхідно скопіювати формулу для модульних коефіцієнтів.

Сума модульних коефіцієнтів за певну кількість років має дорівнювати кількості років. Для визначення суми модульних коефіцієнтів введіть в чарунку F 19 формулу: СУМ (F2 - F18) ОК.

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
1	№	Роки	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_0, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_i$ за зменш., $\text{ м}^3/\text{с}$	$K=Q_i/Q_0$	$(K-1)$	$(K-1)^2$	$(K-1)^3$	P%
2	1	1991	40,7	44,69	29,6	$= C2 : D2$	$= F2-1$	$= G2^2$	$= G2^3$	$= (A2-0,3)/(17+0,4)*100$
3	2	1992	29,6	44,69	34,6	↓	↓	↓	↓	↓
4	3	1993	43,9	44,69	35,3	↓	↓	↓	↓	↓
5	4	1994	57,8	44,69	38,3	↓	↓	↓	↓	↓
6	5	1995	45,3	44,69	38,7	↓	↓	↓	↓	↓
7	6	1996	56,8	44,69	40,7	↓	↓	↓	↓	↓
8	7	1997	49,3	44,69	43	↓	↓	↓	↓	↓
9	8	1998	54,3	44,69	43,9	↓	↓	↓	↓	↓
10	9	1999	49,9	44,69	44,4	↓	↓	↓	↓	↓
11	10	2000	38,3	44,69	45,3	↓	↓	↓	↓	↓
12	11	2001	38,7	44,69	49,3	↓	↓	↓	↓	↓
13	12	2002	34,6	44,69	49,9	↓	↓	↓	↓	↓
14	13	2003	51,2	44,69	50,8	↓	↓	↓	↓	↓
15	14	2004	43	44,69	51,2	↓	↓	↓	↓	↓
16	15	2005	44,4	44,69	54,3	↓	↓	↓	↓	↓
17	16	2006	50,8	44,69	56,8	↓	↓	↓	↓	↓
18	17	2007	35,3	44,69	57,8	↓	↓	↓	↓	↓
19			44,69			$= \text{СУМ}$	$= \text{СУМ}$	$= \text{СУМ}$	$= \text{СУМ}$	

- Далі визначаємо відхилення модульного коефіцієнту даного року від середнього модульного коефіцієнту. Для цього вводимо в чарунку G2 формулу:  $= F2 - 1$  і копіюємо формулу для кожної чарунки.

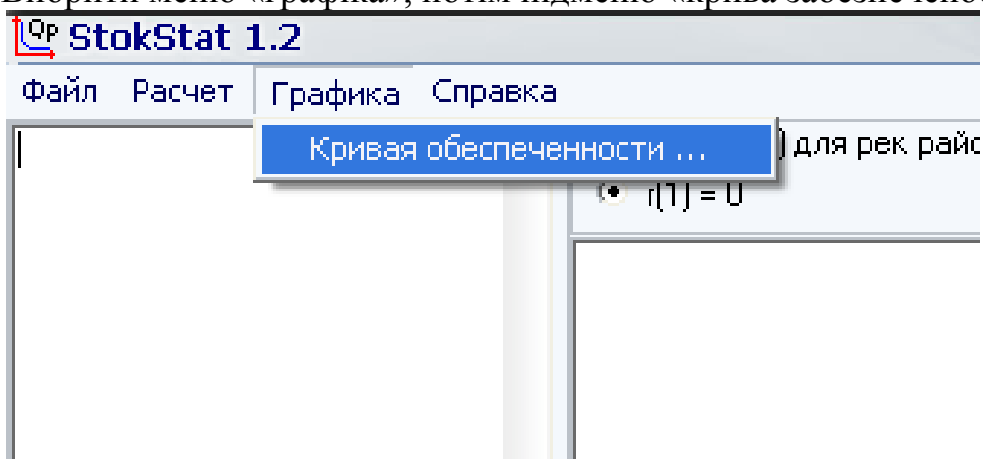
- Для того щоб порахувати значення  $(K-1)^2$ , вводимо в чарунку H2 формулу:  $= G2^2$  ОК, і копіюємо введену формулу розрахунків для всіх чарунків H (H2 - H18). Для визначення суми введіть в чарунку H19 формулу: СУМ (H2 - H18) ОК.

- Далі визначаємо значення  $(K-1)^3$ , вводим в чарунку J2 формулу:  $=G2^3 OK$ , і робимо аналогічні розрахунки для всіх чарунків J (J2 \_ J18). Для визначення суми введіть в чарунку J19 формулу:  $СУМ (J2 - J18) OK$ .

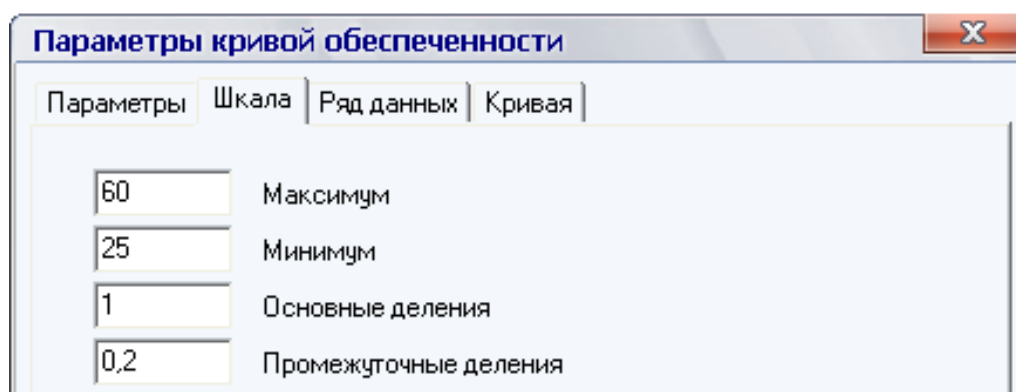
3. Для обчислення забезпеченості (P %) у відсотках, необхідно ввести в чарунку K формулу:  $= (A2-0,3)/(17+0,4)*100 OK$ . Потім необхідно скопіювати формулу, або визначити для кожного показника.

Побудувати криві забезпеченості можна за допомогою програми StokStat. Для цього потрібно:

1. Відкрити програму StokStat
2. Вибрати меню «графіка», потім підменю «крива забезпеченості»



3. Далі потрібно вибрати меню «параметри» і встановити необхідні налаштування та підписати криву забезпеченості. Потім вибираємо меню «шкала» і вводим максимальне та мінімальне значення середньорічних витрат води (або модулів стоку).



Після того, як всі параметри встановлено потрібно вибрати меню «ряд даних», встановити галочку в меню «вести ряд» і внести дані середньорічних витрат води (або модулів стоку).

Параметры кривой обеспеченности

Параметры | Шкала | Ряд данных | Кривая

N°	P, %	Значения
1	5.6	57.8
2	11.1	56.8
3	16.7	54.3
4	22.2	51.2
5	27.8	50.8
6	33.3	49.9
7	38.9	49.3
8	44.4	45.3
9	50.0	44.4
10	55.6	43.9
11	61.1	43
12	66.7	40.7
13	72.2	38.7
14	77.8	38.3
15	83.3	35.3
16	88.9	34.6
17	94.4	29.6

Число точек: 17

✂ 📄 📁 ✖

↕

☒ Ввести ряд

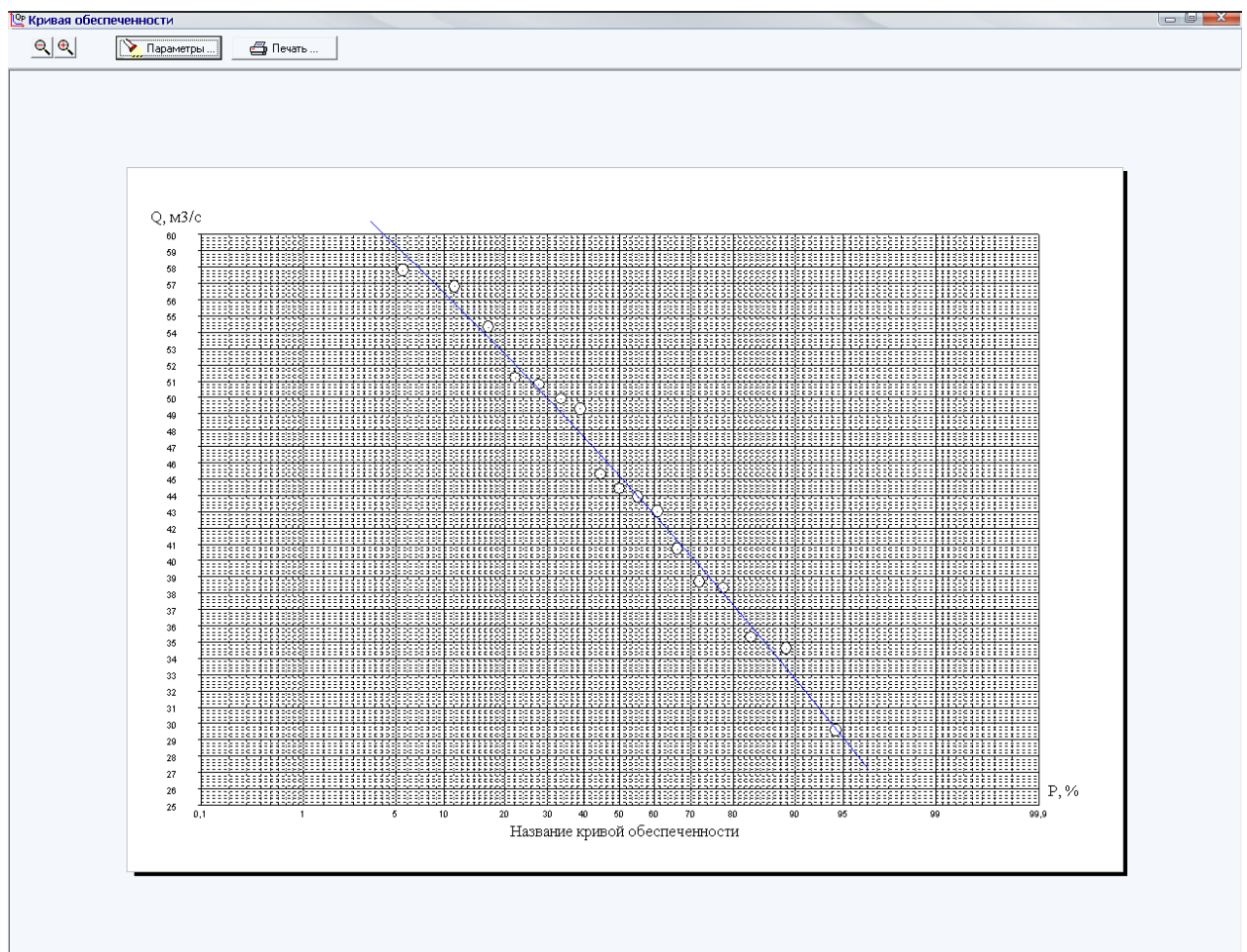
Формула расчёта обеспеченности:

☒  $P = m / (n+1) * 100\%$

☐  $P = (m-0.3) / (n+0.4) * 100\%$

OK Отмена

4. Після цього вибираємо меню «Крива» і ставимо галочку «згладжуюча». Після цього натиснути клавішу «ОК» і ми отримаємо графік кривої забезпеченості.



Ординати біноміальних асиметричних кривих забезпеченостей при  $C_s = C_v$ 

Коефіцієнт асиметрії, $C_s$	Нормовані відхилення $\Phi$ за за забезпеченією $P\%$											
	0,01	1	5	20	30	50	70	80	90	95	97	99,9
0,00	3,72	2,33	1,64	0,84	0,52	0,00	-0,52	-0,84	-1,28	-1,64	-1,88	-3,09
0,10	3,94	2,40	1,67	0,84	0,51	-0,02	-0,53	-0,85	-1,27	-1,61	-1,84	-2,95
0,30	4,38	2,54	1,72	0,82	0,48	-0,05	-0,56	-0,85	-1,24	-1,55	-1,75	-2,67
0,50	4,83	2,68	1,77	0,81	0,46	-0,08	-0,58	-0,85	-1,22	-1,49	-1,66	-2,40
0,70	5,28	2,82	1,82	0,79	0,43	-0,12	-0,60	-0,85	-1,18	-1,42	-1,57	-2,14
0,90	5,73	2,96	1,86	0,77	0,40	-0,15	-0,61	-0,85	-1,15	-1,35	-1,47	-1,90
1,00	5,96	3,02	1,88	0,76	0,38	-0,16	-0,62	-0,85	-1,13	-1,32	-1,42	-1,79
1,20	6,41	3,15	1,91	0,73	0,35	-0,19	-0,63	-0,84	-1,08	-1,24	-1,33	-1,58
1,40	6,87	3,27	1,94	0,71	0,31	-0,22	-0,64	-0,83	-1,04	-1,1?	-1,,23	-1,39
1,60	7,31	3,39	1,96	0,68	0,28	-0,25	-0,64	-0,81	-0,99	-1,10	-1,14	-1,24
1,80	7,76	3,50	1,98	0,64	0,24	-0,28	-0,64	-0,80	-0,94	-1,02	-1,06	-1,11
2,00	8,21	3,60	2,00	0,61	0,20	-0,31	-0,64	-0,78	-0,90	-0,95	-0,97	-1,00
2,2	-	3,68	2,02	0,57	0,16	-0,33	-0,64	-0,75	-0,842	-0,882	-0,895	-0,909
2,4	-	3,78	2,00	0,52	0,12	-0,35	-0,62	-0,72	-0,792	-0,820	-0,827	-0,833
2,6	-	3,86	2,00	0,48	0,085	-0,37	-0,61	-0,70	-0,746	-0,763	-0,766	-0,769
2,8	-	3,96	2,00	0,44	0,057	-0,39	-0,60	-0,67	-0,703	-0,711	-0,713	-0,714
3,0	-	4,05	1,97	0,39	0,027	-0,40	-0,59	-0,64	-0,661	-0,665	-0,667	-0,667
3,2	-	4,11	1,96	0,35	-0,006	-0,41	-0,57	-0,61	-0,622	-0,625	-0,625	-0,625
3,4	-	4,18	1,94	0,31	-0,036	-0,41	-0,55	-0,58	-0,587	-0,588	-0,588	-0,588
3,6	-	4,24	1,93	0,28	-0,072	-0,42	-0,54	-0,55	-0,555	-0,556	-0,556	-0,556
3,8	-	4,29	1,90	0,24	-0,095	-0,42	-0,51	-0,52	-0,526	-0,526	-0,526	-0,526
4,0	-	4,34	1,90	0,21	-0,12	-0,41	-0,49	-0,50	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500
4,2	-	4,39	1,88	0,19	-0,13	-0,41	-0,47	-0,475	-0,476	-0,476	-0,476	-0,476
4,4	-	4,42	1,86	0,15	-0,15	-0,40	-0,450	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455	-0,455
4,6	-	4,46	1,84	0,13	-0,17	-0,40	-0,432	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435	-0,435
4,8	-	4,50	1,81	0,10	-0,19	-0,39	-0,415	-0,417	-0,417	-0,417	-0,417	-0,417
5,0	-	4,54	1,78	0,068	-0,20	-0,380	-0,399	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400	-0,400



Таблиця 2

Ординати біноміальних асиметричних кривих забезпеченостей при  $C_s = 2C_v$ 

Коефіцієнт асиметрії, $C_s$	Нормовані відхилення $\Phi$ за за забезпеченією $P\%$													
	0,01	0,1	1	3	5	10	25	50	75	90	95	97	99	99,9
0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,05	1,20	1,16	1,12	1,10	1,08	1,07	1,03	1,00	0,97	0,94	0,92	0,91	0,89	0,85
0,10	1,42	1,34	1,25	1,20	1,17	1,13	1,07	1,00	0,93	0,87	0,84	0,82	0,78	0,79
0,15	1,66	1,53	1,38	1,30	1,26	1,20	1,10	0,99	0,90	0,81	0,77	0,74	0,67	0,60
0,20	1,92	1,73	1,52	1,41	1,35	1,26	1,13	0,99	0,86	0,75	0,70	0,66	0,59	0,49
0,25	2,21	1,95	1,67	1,52	1,44	1,33	1,16	0,98	0,82	0,70	0,63	0,59	0,51	0,40
0,30	2,51	2,17	1,83	1,64	1,54	1,40	1,18	0,97	0,79	0,64	0,56	0,52	0,44	0,32
0,35	2,85	2,44	1,99	1,75	1,64	1,47	1,21	0,96	0,75	0,59	0,50	0,45	0,37	0,25
0,40	3,20	2,70	2,16	1,88	1,74	1,53	1,23	0,95	0,71	0,53	0,45	0,39	0,31	0,19
0,45	3,58	2,97	2,33	2,00	1,84	1,60	1,26	0,93	0,67	0,48	0,39	0,34	0,25	0,15
0,50	3,98	3,26	2,51	2,13	1,94	1,67	1,28	0,92	0,63	0,44	0,34	0,29	0,21	0,11
0,55	4,40	3,57	2,70	2,26	2,04	1,74	1,30	0,90	0,60	0,39	0,30	0,24	0,17	0,08
0,60	4,85	3,89	2,89	2,39	2,15	1,81	1,31	0,88	0,56	0,35	0,25	0,20	0,13	0,05
0,65	5,32	4,22	3,09	2,52	2,25	1,87	1,33	0,86	0,52	0,31	0,22	0,17	0,10	0,04
0,70	5,81	4,57	3,29	2,66	2,36	1,94	1,34	0,84	0,49	0,27	0,18	0,14	0,08	0,02
0,75	6,32	4,93	3,50	2,80	2,46	2,00	1,36	0,82	0,45	0,24	0,15	0,11	0,06	0,05
0,80	6,85	5,30	3,71	2,94	2,57	2,06	1,37	0,80	0,42	0,21	0,13	0,09	0,04	0,10
0,90	7,41	5,68	3,93	3,08	2,68	2,13	1,38	0,77	0,38	0,18	0,10	0,07	0,03	0,06
0,95	7,86	6,08	4,15	3,22	2,78	2,19	1,38	0,75	0,35	0,15	0,08	0,05	0,02	0,03
1,00	9,21	6,91	4,61	3,51	3,00	2,30	1,39	0,69	0,29	0,11	0,05	0,03	0,010	0,01

## Ординати кривих трьохпараметричного гамма – розподілу

$$C_s = C_v$$

Таблиця 1

p%	Коефіцієнт мінливості $C_v$							
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2
0,01	1,38	2,26	3,15	3,95	4,64	4,92	5,16	5,34
0,1	1,32	2,03	2,77	3,48	4,13	4,42	4,69	4,92
0,5	1,27	1,84	2,46	3,08	3,69	3,99	4,29	4,58
1	1,24	1,76	2,30	2,88	3,46	3,75	4,06	4,36
5	1,17	1,52	1,90	2,30	2,76	3,02	3,31	3,63
10	1,13	1,40	1,68	1,99	2,35	2,55	2,78	3,03
20	1,08	1,25	1,42	1,60	1,80	1,90	2,00	2,10
30	1,05	1,15	1,24	1,33	1,39	1,40	1,39	1,34
50	0,998	0,985	0,954	0,891	0,760	0,665	0,559	0,446
70	0,946	0,830	0,692	0,515	0,309	0,215	0,141	0,085
80	0,915	0,740	0,549	0,338	0,151	0,088	0,047	0,023
90	0,873	0,623	0,378	0,165	0,045	0,019	0,007	0,002
97	0,816	0,478	0,202	0,048	0,005	0,001	$0,3 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-4}$
99	0,775	0,383	0,115	0,015	0,001	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$

$$C_s = 1,5 C_v$$

Таблиця 2

p%	Коефіцієнт мінливості $C_v$								
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5
0,01	1,40	2,38	3,55	4,88	6,38	7,19	8,92	10,8	11,8
0,05	1,35	2,20	3,18	4,31	5,58	6,26	7,67	9,22	10,1
0,1	1,33	2,11	3,02	4,06	5,22	5,84	7,18	8,61	9,38
0,5	1,27	1,90	2,61	3,41	4,31	4,80	5,87	7,04	7,66
1	1,24	1,79	2,42	3,11	3,89	4,30	5,21	6,24	6,78
5	1,17	1,53	1,92	2,34	2,80	3,03	3,55	4,12	4,44
10	1,13	1,40	1,68	1,97	2,26	2,41	2,71	3,00	3,13
20	1,08	1,25	1,40	1,54	1,67	1,72	1,80	1,83	1,83
30	1,05	1,14	1,21	1,27	1,28	1,28	1,24	1,16	1,10
50	0,998	0,977	0,934	0,862	0,756	0,690	0,541	0,388	0,320
60	0,972	0,903	0,812	0,695	0,553	0,475	0,324	0,193	0,142
70	0,946	0,826	0,690	0,538	0,376	0,298	0,168	0,079	0,051
80	0,915	0,741	0,562	0,384	0,223	0,156	0,067	0,022	0,012
90	0,874	0,632	0,409	0,222	0,092	0,053	0,014	0,003	0,001
97	0,819	0,498	0,247	0,088	0,020	0,008	0,001	$0,8 \cdot 10^{-4}$	$0,3 \cdot 10^{-4}$
99	0,780	0,410	0,160	0,038	0,005	0,001	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$0,2 \cdot 10^{-5}$

$$C_s = 2 C_v$$

Таблиця 3

p%	Коефіцієнт мінливості $C_v$								
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5
0,01	1,36	2,29	3,48	4,95	6,66	7,60	9,65	11,9	13,1
0,05	1,42	2,52	3,98	5,81	7,98	9,21	11,8	14,7	16,4
0,1	1,34	2,19	3,27	4,56	6,08	6,91	8,65	10,6	11,6
0,5	1,28	1,94	2,74	3,68	4,74	5,30	6,50	7,80	8,42
1	1,25	1,82	2,51	3,29	4,15	4,60	5,53	6,55	7,08
5	1,17	1,54	1,94	2,36	2,78	3,00	3,40	3,80	3,96
10	1,13	1,40	1,67	1,94	2,19	2,30	2,50	2,64	2,70
20	1,08	1,24	1,38	1,50	1,58	1,61	1,63	1,61	1,59
30	1,05	1,13	1,19	1,22	1,22	1,20	1,14	1,08	1,04
50	0,997	0,970	0,918	0,846	0,748	0,693	0,580	0,460	0,405
60	0,972	0,898	0,803	0,692	0,568	0,511	0,390	0,283	0,234
70	0,945	0,823	0,691	0,552	0,424	0,357	0,250	0,115	0,120
80	0,915	0,745	0,574	0,419	0,280	0,223	0,130	0,065	0,046
90	0,874	0,640	0,436	0,272	0,154	0,105	0,049	0,016	0,009
95	0,842	0,565	0,342	0,181	0,082	0,051	0,016	0,004	0,002
99	0,782	0,436	0,206	0,076	0,019	0,010	0,002	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-4}$

$$C_s = 2,5 C_v$$

Таблиця 4

p%	Коефіцієнт мінливості $C_v$											
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0
0,01	1,44	2,67	4,45	6,76	9,55	11,1	14,6	18,4	20,4	24,7	29,3	31,9
0,05	1,38	2,39	3,79	5,54	7,59	8,72	11,2	13,8	15,9	18,2	21,5	23,2
0,1	1,35	2,27	3,51	5,04	6,80	7,76	9,81	12,0	13,2	15,7	18,4	19,8
0,5	1,28	1,99	2,87	3,90	5,03	5,63	6,89	8,20	8,88	10,3	11,8	12,6
1	1,25	1,86	2,59	3,42	4,32	4,78	5,73	6,71	7,20	8,20	9,22	9,74
5	1,17	1,55	1,95	2,35	2,75	2,94	3,31	3,65	3,81	4,11	4,39	4,52
10	1,13	1,40	1,66	1,90	2,12	2,22	2,39	2,53	2,59	2,69	2,76	2,79
20	1,08	1,23	1,36	1,45	1,52	1,54	1,56	1,55	1,54	1,50	1,44	1,41
30	1,05	1,13	1,17	1,18	1,17	1,16	1,11	1,05	1,01	0,931	0,843	0,797
50	0,997	0,964	0,906	0,830	0,742	0,695	0,600	0,505	0,459	0,373	0,295	0,259
60	0,972	0,893	0,797	0,692	0,586	0,533	0,432	0,340	0,298	0,224	0,162	0,136
70	0,945	0,822	0,693	0,567	0,449	0,395	0,297	0,215	0,180	0,122	0,079	0,062
80	0,915	0,745	0,585	0,444	0,324	0,272	0,185	0,119	0,094	0,055	0,030	0,022
90	0,875	0,648	0,459	0,310	0,198	0,155	0,089	0,047	0,033	0,015	0,006	0,004
95	0,843	0,576	0,373	0,227	0,128	0,093	0,046	0,020	0,012	1,004	0,001	0,001
99	0,784	0,459	0,248	0,120	0,052	0,032	0,011	0,003	0,001	$0,3 \cdot 10^{-3}$	$0,4 \cdot 10^{-4}$	$0,2 \cdot 10^{-4}$

$$C_s = 3 C_v$$

Таблиця 5

p%	Коефіцієнт мінливості $C_v$											
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0
0,01	1,46	2,83	4,94	7,70	11,0	12,8	16,8	21	23,5	28,4	33,7	36,5
0,05	1,39	2,49	4,09	6,08	8,40	9,65	12,4	15,2	16,8	19,9	23,3	25,1
0,1	1,36	2,35	3,74	5,44	7,37	8,41	10,6	13,0	14,2	16,7	19,4	20,8
0,5	1,28	2,03	2,97	4,06	5,24	5,84	7,10	8,41	9,07	10,4	11,8	12,4
1	1,25	1,90	2,66	3,50	2,41	4,87	5,79	6,74	7,21	8,14	9,07	9,53
5	1,17	1,55	1,95	2,34	2,70	2,88	3,22	3,52	3,66	3,92	4,15	4,26
10	1,13	1,40	1,65	1,87	2,06	2,15	2,30	2,42	2,47	2,55	2,60	2,62
20	1,08	1,23	1,34	1,42	1,47	1,49	1,50	1,49	1,48	1,45	1,40	1,37
30	1,05	1,12	1,15	1,16	1,14	1,13	1,08	1,03	0,997	0,929	0,855	0,818
50	0,997	0,959	0,898	0,823	0,741	0,699	0,614	0,531	0,491	0,415	0,345	0,313
60	0,972	0,890	0,794	0,695	0,597	0,549	0,459	0,377	0,339	0,271	0,212	0,186
70	0,945	0,822	0,696	0,578	0,471	0,422	0,333	0,257	0,224	0,166	0,121	0,102
80	0,915	0,748	0,596	0,465	0,354	0,306	0,224	0,160	0,133	0,090	0,059	0,047
90	0,876	0,656	0,479	0,341	0,235	0,193	0,126	0,078	0,061	0,035	0,019	0,014
95	0,844	0,588	0,400	0,263	0,166	0,129	0,076	0,042	0,030	0,015	0,007	1,004
99	0,786	0,484	0,283	0,158	0,083	0,058	0,027	0,011	0,007	0,002	0,001	$0,4 \cdot 10^{-3}$

$$C_s = 4 C_v$$

Таблиця 6

p%	Коефіцієнт мінливості $C_v$											
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0
0,01	1,50	3,17	5,91	9,41	13,4	15,5	20,3	25,4	28,0	33,6	39,4	42,4
0,05	1,41	2,72	4,63	6,96	9,56	11,0	13,9	17,0	18,6	21,9	25,4	27,2
0,1	1,38	2,53	4,15	6,05	8,15	9,26	11,6	14,0	15,3	17,9	20,6	21,9
0,5	1,29	2,12	3,13	4,26	5,43	6,03	7,29	8,53	9,16	10,4	11,7	12,3
1	1,25	1,94	2,75	3,59	4,47	4,91	5,79	6,66	7,09	7,95	8,78	9,19
5	1,17	1,56	1,94	2,29	2,62	2,78	3,07	3,34	3,46	3,68	3,87	3,96
10	1,13	1,39	1,62	1,81	1,98	2,05	2,18	2,28	2,32	2,39	2,44	2,45
20	1,08	1,22	1,31	1,37	1,41	1,42	1,44	1,43	1,42	1,39	1,36	1,33
30	1,05	1,11	1,13	1,13	1,11	1,10	1,06	1,01	0,985	0,929	0,871	0,841
50	0,997	0,950	0,888	0,818	0,744	0,707	0,634	0,562	0,529	0,464	0,403	0,375
60	0,972	0,885	0,793	0,702	0,614	0,572	0,494	0,421	0,388	0,327	0,273	0,249
70	0,945	0,821	0,704	0,597	0,501	0,457	0,377	0,308	0,277	0,223	0,117	0,157
80	0,915	0,754	0,614	0,496	0,395	0,351	0,274	0,212	0,185	0,140	0,105	0,090
90	0,877	0,671	0,511	0,384	0,284	0,243	0,176	0,125	0,104	0,072	0,049	0,040
95	0,846	0,611	0,440	0,312	0,217	0,180	0,121	0,080	0,064	0,041	0,025	0,019
99	0,790	0,516	0,336	0,214	0,132	0,102	0,060	0,034	0,025	0,013	0,006	0,004

### Список література

1. Владимиров А. М. Гидрологические расчёты. - Л.: Гидрометеиздат, 1990.- 360 с.
2. Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання: Монографія. - К.: Віпол, 2000.- 376с.
3. Горошков И. Ф. Гидрологические расчёты. - Л.: Гидрометеиздат, 1979.- 158с.
4. Евстигнеев В. М. Речной сток и гидрологические расчёты. - М.: Изд-во МГУ, 1990.- 304 с.
5. Загальна гідрологія. Підручник (Левківський С. С, Хільчевський В. К., Ободовський О. Г., Будкіна Л. Г., Гребінь В. В., Закревський Д. В., Лисогор С. М., Падун М. М., Пелешенко В. І.- К.: Фітосоціоцентр, 2000.- 264 с.
6. Лучшева А. А. Практическая гидрология. - Л.: Гидрометеиздат, 1976.- 440 с.
7. Михайлов В.Н., Добровольский А .Д. Общая гидрология.- М.: Высшая школа, 1991.-368 с.
8. Соколовский Д. П. Речной сток. - Л.: Гидрометеиздат, 1979.- 158 с.

Навчальне видання

Клименко Валентина Григорівна

Кійко Сергій Олександрович

**НОРМА ТА МІНЛИВІСТЬ СТОКУ**  
**НАВЧАЛЬНО - МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

**Українською мовою**

**Текст подається в авторській редакції**

**Підписано до друку 11.05.2010 р. Формат 60x84 1/16**  
**Папір офісний. Гарнітура Таймс. Друк різнографічний.**  
**Тираж 25 прим.**